

# LA DIVERSIFICACIÓN DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA COMO ESTRATEGIA PARA MÉXICO

DIVERSIFICATION OF THE SUGAR AGROINDUSTRY AS A STRATEGY FOR MEXICO

Gómez-Merino, F.C.<sup>1\*</sup>; Trejo-Téllez, L.I.<sup>2</sup>; Salazar-Ortiz, J.<sup>1</sup>; Pérez-Sato, J.A.<sup>1</sup>;  
Senties-Herrera, H.E.<sup>2</sup>; Bello-Bello, J.J.<sup>1</sup>; Aguilar-Rivera, N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94961. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. <sup>3</sup>Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Carretera Peñuela-Amatlán de los Reyes km 1, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94945.

\*Autor de correspondencia: fernandg@colpos.mx

## RESUMEN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es actualmente el cultivo agroalimentario más productivo del mundo. Debido a la naturaleza química y bioquímica de la materia prima que produce presenta gran potencial para la diversificación productiva. En este artículo se presentan los avances sobre la generación de coproductos, subproductos y derivados de la caña de azúcar, y se analizan algunas oportunidades y desafíos de la agroindustria azucarera en México para lograr una eficiente diversificación.

**Palabras clave:** Caña de azúcar, México, diversidad de usos, ingenios azucareros

## ABSTRACT

Sugarcane (*Saccharum* spp.) is currently the most productive agrifood crop in the world. Due to the chemical and biochemical nature of the raw material it produces, this crop presents great potential for productive diversification. This article presents the advancements regarding the generation of coproducts, byproducts and derivatives from sugarcane, and some opportunities and challenges to achieve efficient diversification of the sugar agroindustry in Mexico are analyzed.

**Keywords:** Sugarcane, Mexico, diversity in uses, sugar factories.

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 11, noviembre. 2017. pp: 7-12.

**Recibido:** mayo, 2017. **Aceptado:** octubre, 2017.

## INTRODUCCIÓN

# La caña

de azúcar (*Saccharum* spp.) presenta un cultivo de gran importancia en la provisión de alimentos e insumos para la industria sucroquímica y bioenergética. El valor económico de este cultivo se basa en tres atributos: 1) es una especie altamente productiva; 2) es muy eficiente en el uso de insumos y recursos productivos; y 3) puede ser procesada de manera local y generar productos con valor agregado, tales

como sacarosa, melaza, etanol y energía, todos ellos de fácil manejo, almacenamiento y transporte (Moore *et al.*, 2014; Gómez-Merino *et al.*, 2014a; Gómez-Merino y Senties-Herrera, 2015). De manera conjunta, todos estos atributos contribuyen a que la caña de azúcar sea un producto comercial de primera importancia en los más de 130 países y territorios donde se cultiva alrededor del mundo, cubriendo un área superior a los 27 millones de hectáreas, lo que representa alrededor de 1.9 % de la superficie total cultivada a nivel global. En esta superficie se producen más de 1,800 millones de toneladas caña de azúcar como

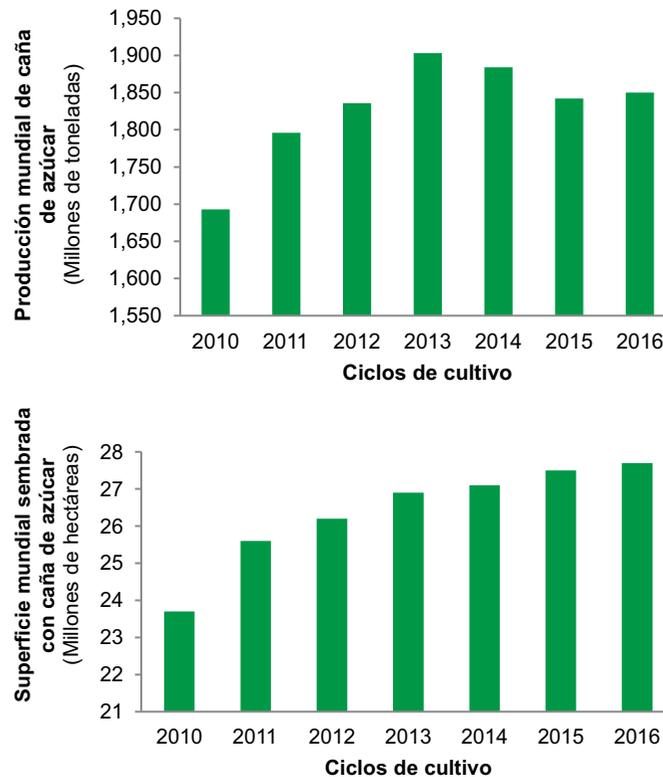
materia prima, lo que le convierte en el cultivo con la tasa más alta de producción de biomasa total (Gómez-

Merino *et al.*, 2014a; Gómez-Merino y Senties-Herrera, 2015; FAOSTAT, 2016; OCDE-FAO, 2013) (Cuadro 1).

En la Figura 1 se muestran los cambios que ha tenido tanto la producción de caña de azúcar en materia verde (Figura 1A) como la superficie destinada a este cultivo en el mundo (Figura 1B), en el periodo de 2010 a 2016. Se observa que aunque la superficie sembrada se ha mantenido con ligeros aumentos la producción de

la materia prima tiende a la baja, posiblemente debido a un deterioro generalizado de los recursos naturales, efectos del cambio climático global, alza en los precios de los insumos para la producción y deterioro varietal, entre otros. Es de destacar que dentro de cultivos agroalimentarios la caña de azúcar muestra los rendimientos más altos, con un promedio mundial superior a las 70 t ha<sup>-1</sup>, mismos que pueden incrementarse a través del mejoramiento genético y manejo agronómico, tal como la agricultura de precisión, y potencialmente llegar a producir poco más de 800 t ha<sup>-1</sup> (Moore, 2009; Dal-Bianco *et al.*, 2012; Yadav *et al.*, 2010).

Este enorme potencial de rendimiento hace de la caña de azúcar un cultivo multipropósito relevante por su



**Figura 1.** A: Producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en materia fresca. B: superficie destinada al cultivo en el mundo, en el periodo 2010-2016. Para 2015 y 2016 los datos de superficie son estimados de acuerdo con proyecciones de OCDE-FAO (2013).

Cultivo	Producción (t)	Superficie sembrada (ha)	Rendimiento promedio (t ha <sup>-1</sup> )	Fracción de tierra cultivada que ocupa (%)
Caña de azúcar	1,884,426,253	27,124,725	72.1	1.9
Maíz	1,037,791,520	184,800,970	5.2	13.3
Arroz	741,477,712	162,716,863	4.2	11.7
Trigo	729,012,171	220,417,745	3.2	15.8
Papa	381,682,143	19,098,330	20.2	1.3
Remolacha azucarera	269,714,067	4,471,579	50.7	0.3

aprovechamiento, incluyendo su uso potencial como biofábrica para la síntesis de nuevos compuestos (Gómez-Merino *et al.*, 2014a; 2014b; 2015).

Los más de 130 países y territorios donde se cultiva la caña de azúcar están distribuidos en las zonas tropicales y subtropicales, entre los paralelos 35° al norte y sur del ecuador (Moore *et al.*, 2014; Senties-Herrera *et al.*, 2017). Por los niveles de producción de caña en verde destacan en este orden (los aportes porcentuales se indican en paréntesis); Brasil (36.4 %), India (17.4 %), China (12.4 %), Tailandia (5.1 %), Pakistán (3.3 %), México (2.8 %), Colombia (1.9 %), Filipinas (1.6 %), Australia (1.5 %), Indonesia (1.4 %), Estados Unidos (1.4 %), Guatemala (1.4 %) y Argentina (1.2 %). El resto del mundo produce 12.2 % de la caña (FAOSTAT, 2016; Senties-Herrera *et al.*, 2017). México es el sexto productor de caña y el séptimo de azúcar a nivel global. El sistema de producción de la caña de azúcar genera más de dos millones de empleos tanto directos como indirectos, y se desarrolla en 15 entidades federativas y 258 municipios (Enríquez-Poy, 2016; Senties-Herrera *et al.*, 2017). La zafra 2015-2016 se realizó en 51 ingenios, en una superficie cosechada de 778,7500 hectáreas, alcanzando una molienda de 54,188,609 t de caña y una producción de 6,117,048 t de azúcar (INFOCAÑA, 2017). Esta agroindustria aporta 1.98 % del PIB manufacturero, 16.44 % del PIB agropecuario y 8.29 % del PIB de la industria alimentaria (Enríquez-Poy, 2016), lo cual representa avances sustanciales, ya que para 2014 la industria participó con 0.4 % del PIB nacional, 2.5 % del manufacturero y 11.6 % del primario (Senties-Herrera *et al.*, 2014). En las zonas donde se desarrolla esta actividad vive 13 % de la población nacional, lo que destaca su importancia social (ZAFRANET, 2017). De acuerdo con Aguilar-Rivera *et al.* (2012), el principal producto de la caña de azúcar, la sacarosa, comúnmente llamada azúcar, está siendo sustituido en 40 % por edulcorantes alternativos, y las agresivas campañas publicitarias sobre los peligros de salud, principalmente obesidad y enfermedades relacionadas, derivados del consumo de azúcar, ha disminuido gradualmente su consumo. De ahí que esta industria requiera disminuir costos de producción y aplicar desarrollos tecnológicos e innovaciones que generen más valor y rentabilidad. En esta revisión temática se describe la importancia y la necesidad de diversificar esta cadena productiva, centrada principalmente en la producción de azúcar de mesa, y se exploran alternativas que pueden contribuir a lograr su sustentabilidad y competitividad.

### Diversificación productiva del sector azucarero

La caña de azúcar es un cultivo con gran potencial de diversificación. De acuerdo con la Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LDSCA.pdf>), y en los objetivos, metas y estrategias del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (PRONAC) 2014-2018 ([http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5343244&fecha=02/05/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343244&fecha=02/05/2014)), se considera como diversificación productiva la obtención del azúcar de caña en todas sus presentaciones, además de los coproductos, subproductos y derivados de la planta. Los coproductos son una variedad de productos intermedios y finales que tienen como propósito dar un mejor uso a los residuos del proceso agrícola y de la industria de la caña de azúcar. Los subproductos son productos colaterales a la producción azucarera. Por último, los derivados son aquellos productos que se obtienen a partir de los coproductos y subproductos de la caña.

Brunstein (1994) propuso que las industrias de procesos que generan varios productos de manera conjunta, a partir de la misma materia prima, pueden clasificar su producción en tres categorías principales: 1) Los productos principales, que derivan de la transformación directa de la materia prima; en este caso, el azúcar de caña; 2) Los productos secundarios, que no son necesariamente deseables, pero tienen una importancia económica significativa y derivan de la transformación de la materia prima, tales como el alcohol de las melazas de caña; y 3) Los subproductos, los cuales no representan una importancia económica relevante bajo el criterio de la empresa; son considerados residuos de la transformación de la materia prima (bagazo de caña, vinazas de destilería, y cachaza que resulta del procesamiento de azúcar de caña y etanol). Además de evitar impactos negativos en el ambiente, el aprovechamiento integral de productos y subproductos genera nuevas fuentes de riqueza que aportan una mayor rentabilidad al proceso industrial (Guo *et al.*, 2006; Aguilar-Rivera, 2009; Aguilar-Rivera *et al.*, 2010). El concepto de diversificación en la agroindustria cañera ha evolucionado, desde producciones con tecnologías simples hasta las más recientes, basadas en la química sintética, biotecnología y en los procesos de obtención de nuevos materiales (Aguilar Rivera, 2009). Con estas definiciones se puede entender que azúcar, etanol y melaza son los principales productos y coproductos de la industria azucarera. Bagazo, cachaza, cenizas de calderas, paja y cogollo, gases de combustión, vinaza y aguas residuales constituyen los

subproductos de esta agroindustria. Ejemplos de derivados del bagazo son la celulosa, el xilitol y el carbón activado (Aguilar-Rivera et al., 2012). De acuerdo con Viniegra (2007), la diversificación del sector azucarero debe promover la transformación productiva y el desarrollo sostenible con cuatro líneas principales: 1) agricultura cañera sostenible; 2) ingenios diversificados o multipropósito; 3) uso integral de la biomasa cañera; y 4) desarrollo regional.

### Oportunidades y desafíos de la diversificación de la agroindustria azucarera en México

De acuerdo con el Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (PRONAC, 2014), son dos las principales vertientes de diversificación que podría tomar la agroindustria azucarera nacional: la producción de alcohol y la cogeneración de energía. A pesar de que la producción de alcohol ha aumentado, aún se importa más de 50 % de la demanda nacional, lo que hace evidente la necesidad de impulsar esta industria, con los ajustes económicos y administrativos que se requieran. Respecto a la cogeneración de energía se requieren fuertes montos de inversión, lo que ha limitado el incremento de la capacidad instalada. Aumentar esta capacidad permitiría generar excedentes de energía para su comercialización a través de la red pública, aunque por varios factores esta potencialidad no se ha aprovechado (PRONAC, 2014). La diversificación productiva de la industria azucarera nacional tiene enormes ventajas económicas, sociales y ambientales. Sin embargo, su aplicación e impacto en el desarrollo social existente en las regiones cañeras del país es precario. En las actuales condiciones de operación de las factorías azucareras el

tratamiento o uso diversificado de los subproductos cañeros resulta costoso. Ni las instituciones encargadas de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación, ni las empresas privadas, han llevado a cabo esta labor con eficacia, bien por falta de visión, exceso de legislación, falta de voluntad política, intereses diversos o por carencia de medios económicos (Aguilar-Rivera et al., 2010). Todo ello está contribuyendo a un deterioro ambiental en vastas extensiones de las regiones productoras de este cultivo, y un desperdicio de los coproductos y subproductos que pudieran estar generando dividendos. A pesar de que existe una amplia gama de productos (alrededor de 250) para la diversificación de la caña, únicamente cinco son aprovechados en la industria mexicana: azúcar, bagazo para cogeneración de energía, bagazo para la producción de papel, melaza y alcohol (Aguilar-Rivera, 2009). Todo proyecto de diversificación debe tomar en consideración los avances científico que se tengan respecto a coproductos, subproductos y derivados que se vayan a aprovechar de la industria azucarera. El potencial de diversificación de esta agroindustria deriva precisamente del volumen y calidad de éstos, ya que sus constituyentes químicos y bioquímicos (carbohidratos simples y estructurales principalmente) ofrecen diferentes posibilidades de industrialización a través de procesamientos físicos, químicos, bioquímicos y biotecnológicos (de la Torre, 1989; Gálvez, 2000; Aguilar-Rivera et al., 2010). Las iniciativas y estrategias de corto, mediano y largo plazo que se emprendan para diversificar la industria azucarera nacional deben brindar certidumbre a quien invierta en este tipo de proyectos (Aguilar-Rivera et

al., 2010; Aguilar-Rivera et al., 2012; Aguilar Rivera, 2013; Aguilar-Rivera et al., 2014).

De acuerdo con Aguilar et al. (2010), la diversificación de esta cadena de valor conllevaría a un impulso del desarrollo sostenible regional, tanto para los productores de la materia prima como para las industrias asociadas y, al mismo tiempo, reduciría la vulnerabilidad de la industria al cambio, al flexibilizar las futuras estrategias empresariales y al aumentar la capacidad de recuperación que la industria azucarera enfrenta con la disminución de los precios del azúcar, la introducción de edulcorantes alternativos y las campañas publicitarias en contra del consumo del azúcar de caña (CONADESUCA, 2016). Para el caso de México, de acuerdo con Enríquez-Poy (2016) y Senties-Herrera et al. (2017), durante las zafra 2015/2016, 2016/2017 y 2017/2018 se pronostican alzas en los precios de la caña, proyectados en 600 pesos la tonelada, lo cual es muy positivo para los productores. Sin embargo, hay que considerar que el alza es temporal y que es necesario impulsar estrategias de diversificación a corto, mediano y largo plazo. La composición química y bioquímica de la caña, de sus productos, coproductos y subproductos y su producción en cada zafra hace que su transformación sea atractiva, tanto técnica como económica, siempre y cuando se generen productos de alto valor agregado e interés para el mercado (Aguilar et al., 2010).

La puesta en marcha de iniciativas de diversificación del sector es urgente, dados los desafíos que actualmente enfrenta el mercado del azúcar en el mundo. Adicionalmente, se ha observado un aumento

en el consumo de edulcorantes alternativos, tales como sucralosa y aspartamo (CONADESUCA, 2016), y actualmente se importa más de un millón de toneladas de jarabe de maíz (*Zea mays* L.) de alta fructosa, lo cual está desplazando al azúcar en un segmento importante de mercado (García-Chávez, 2011; CONADESUCA, 2016). En este punto, es necesario que la agroindustria de la caña de azúcar desarrolle nuevos productos, acorde a necesidades y demandas del consumidor.

Existen dos estrategias posibles para el aprovechamiento de la biomasa residual de la caña de azúcar y los subproductos. La primera de ellas consiste en desarrollar, a partir de ella, derivados que se puedan insertar en las cadenas de producción y mercados ya existentes, tales como la panela y el ron (bebida alcohólica), entre otros principales. La segunda implica el desarrollo de nuevas tecnologías de aprovechamiento de los propios residuos con cuatro direcciones básicas: 1) Generación de energía; 2) Obtención de productos químicos; 3) Reciclado en la actividad agrícola; y 4) Utilización en la alimentación ganadera (CONADESUCA, 2016). Adicionalmente, a través de aplicaciones de la ingeniería genética, la caña de azúcar se podría convertir en una eficiente biofábrica para la producción de proteínas de importancia farmacológica y biopolímeros (Gómez-Merino *et al.*, 2014a; 2014b; 2015). La propia selección y el mejoramiento genético, a través de la integración de nuevas herramientas biotecnológicas, podría contribuir a la generación de variedades con caracteres superiores de acuerdo con los intereses de la industria (Senties-Herrera *et al.*, 2014; Senties-Herrera y Gómez-Merino, 2014).

## CONCLUSIONES

Los desafíos que enfrenta actualmente la industria azucarera nacional requieren de reformas estructurales y coyunturales que permitan generar políticas públicas encaminadas a impulsar iniciativas de diversificación de los productos actuales en mercados diversos, además de coproductos y derivados de subproductos a través de estrategias eficientes, competitivas y amigables con el ambiente. Para ello, el sector requiere de la implementación de innovaciones, así como de desarrollos tecnológicos de investigación científica, a través de enfoques multidisciplinarios, interdisciplinarios y transdisciplinarios (Gómez-Merino *et al.*, 2014c). La necesidad de transformar la industria azucarera constituye una prioridad nacional y esta transformación podría enfocarse a la producción de alimentos alternativos, de insumos para la industria química y sucroquímica; por ejemplo, la generación de bioenergía, alimentos y piensos para ganado, entre otras, bajo un enfoque de desarrollo regional sustentable y con responsabilidad social.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-Rivera N. 2009. Diversificación productiva de la industria azucarera ¿Reto tecnológico, económico o social? *Mundo Siglo XIX* 18: 53-66.
- Aguilar-Rivera N. 2013. Análisis de productividad de etanol de caña de azúcar en ingenios azucareros de México. *Ciencia Ergo Sum* 20: 17-28.
- Aguilar-Rivera N., Rodríguez-Lagunes D.A., Castillo-Morán A. 2010. Azúcar, coproductos y subproductos en la diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar. *VirtualPro Procesos Industriales* 106: 1-28.
- Aguilar-Rivera N., Rodríguez-Lagunes D.A., Castillo-Morán A., Herrera-Solano A. 2012. Sucroquímica, alternativa de diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar. *Multiciencias* 12: 7-15.
- Aguilar-Rivera N., Houbbron J.E., Espinosa-López R.A. 2014. Análisis de la capacidad de diversificación de zonas productoras de caña de azúcar por metodologías Emergy, análisis de ciclo de vida y evaluación multicriterio. *Revista Centro Azúcar* 41: 65-81.
- Brunstein I. 1994. Uma proposta de modelagem economica de processos com producao de produtos conjuntos. En: *Anais do 10º Congresso Brasileiro de Engenharia Química*. Sao Paulo, 13 a 16 de septiembre de 1994. Sao Paulo: USP: 1149-1152.
- CONADESUCA. 2016. Diversificación de la caña de azúcar para otros fines. Nota Técnica Informativa del sector de la caña de azúcar. <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114368/CAMBIOSNotaABRIL2016.pdf>
- Dal-Bianco M., Sampaio-Carneiro M., Takeshi-Hotta C., Giacomini-Chapola L., Hoffmann H.P., Franco-García A.A., Mendes-Souza G. 2012. Sugarcane improvement: How far can we go? *Current Opinion in Biotechnology* 23: 265-270.
- de la Torre M.M. 1989. Biotecnología y el aprovechamiento de los derivados de la caña de azúcar. GEPLACEA-PNUD. México.
- Enríquez-Poy M. 2016. Historia, actualidad y futuro de la agroindustria de la caña de azúcar en México. Memoria del XXXVIII Convención ATAM y 10º Congreso ATALAC. Conferencia Magistral.
- FAOSTAT. 2016. Datos. Producción. Cultivos. Caña de Azúcar. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Gálvez T.L. 2000. Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. Instituto Cubano de Investigación de los Derivados de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba. 485 p.
- García-Chávez L.R. 2011. Análisis del mercado de los edulcorantes en México. Universidad Autónoma Chapingo. México. <http://www.conadesuca.gob.mx/politica%20comercial/estudiosy analisis del sector/ analisis del mercado de edulcorantes en mexico.pdf>
- Gómez-Merino F.C., Trejo-Téllez L.I., Senties-Herrera H.E. 2014a. Sugarcane as a Novel Biofactory: Potentialities and Challenges. In: R. Guevara-González, I. Torres-Pacheco (Eds.). *Biosystems Engineering: Biofactories for Food Production in the Century XXI*. Springer, Cham, Switzerland. pp. 129-149. doi: 10.1007/978-3-319-03880-3\_5
- Gómez-Merino F.C., Trejo-Téllez L.I., Senties-Herrera H.E. 2014b. Innovaciones biotecnológicas en caña de azúcar para potenciar su uso como biofábrica. *Revista ATAM* 27: 33-41.



- Gómez-Merino F.C., Trejo-Téllez L.I., Morales-Ramos V., Salazar-Ortiz J., Velasco-Velasco J., Senties-Herrera H.E., Ladewig, P. 2014c. Necesidades de innovación en la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad* 7: 22-26.
- Gómez-Merino F.C., Senties-Herrera H.E. 2015. Manual para la identificación varietal de caña de azúcar. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 40 p.
- Gómez-Merino F.C., Trejo-Téllez L.I., Senties-Herrera H.E., Pérez-Sato J.A., Salazar-Ortiz J. 2015. La caña de azúcar ofrece más que Azúcar: Oportunidades de Diversificación. *Agroentorno* Vol. 166 No. 18: 24-25.
- Guo H.C., Chen B., Yu X.L., Huang G.H., Liu L., Nie X.H. 2006. Assessment of cleaner production options for alcohol industry of china. *Journal of Cleaner Production* 14: 94-103.
- INFOCAÑA. 2017. Cierre de Zafra 2015-2016. <http://www.campomexicano.gob.mx/azcf/reportes/reportes.php?tipo=CIERRE>
- Moore P.H. 2009. Sugarcane Biology, Yield, and Potential for Improvement. *In: Proceedings of the Workshop BIOEN on sugarcane improvement*. Sao Paulo, Brazil. March 2009. [http://www.fapesp.br/pdf/bioen1803/Bioen\\_Moore.pdf](http://www.fapesp.br/pdf/bioen1803/Bioen_Moore.pdf)
- Moore P.H., Paterson A.H, Tew T. 2014. Sugarcane: the crop, the plant and domestication. *In: P. H. Moore, F. C. Botha (Eds.). Sugarcane: physiology, Biochemistry and functional biology*. John Wiley, New York, NY, USA. pp. 1-17. doi: 10.1002/9781118771280.ch1.
- OCDE-FAO. 2013. *Perspectivas Agrícolas 2013-2022*. <http://www.fao.org/docrep/018/i3307s/i3307s.pdf>
- PRONAC. 2014. Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar. Diario Oficial de la Federación. Federación. 02-05-2014. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5343244&fecha=02/05/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343244&fecha=02/05/2014)
- Senties-Herrera H.E., Gómez-Merino F.C. 2014. Nuevas directrices en mejoramiento genético de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad* 7: 9-15.
- Senties-Herrera H.E., Gómez-Merino F.C., Valdez-Balero A., Silva-Rojas H.V., Trejo-Téllez L.I. 2014. The Agro-Industrial Sugarcane System in Mexico: Current Status, Challenges and Opportunities. *Journal of Agricultural Science* 6: 26-55.
- Senties-Herrera H.E., Trejo-Téllez L.I., Gómez-Merino F.C. 2017. The Mexican Sugarcane Production System: History, Current Status, and New Trends. *In: R. Murphy (Ed.). Sugarcane: Production Systems, Uses and Economic Importance*. Nova Publishers, New York, USA. pp. 39-71.
- Viniegra G.G. 2007. La tecnología mexicana al servicio de la industria casos de éxito presentados en los seminarios regionales de competitividad 2005-2006. Foro Consultivo Científico y Tecnológico 2007. México, D. F.
- Yadav D.V., Jain R., Rai R.K. 2010. Impact of Heavy Metals on Sugarcane. *In: I. Sherameti, A. Varma (Eds.). Soil Heavy Metals-Soil Biology*. Springer, Heidelberg, Germany. pp. 339-367. doi: 10.1007/978-3-642-02436-8.
- ZAFRANET. 2017. Caña de azúcar y agroenergías. Productores Cañeros. <https://www.zafranet.com/productores-caneros/>

